

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**  
**FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Specifické testy flexibility u sportovních lezců:

reliabilita a vztah k lezeckému výkonu.

Specific flexibility tests: reliability and relationship

to climbing performance.

Vedoucí bakalářské práce

Mgr. Jiří Baláš, Ph.D.

Zpracoval:

Marek Řehoř

Praha 2010

## **ABSTRAKT**

### **Název práce**

Specifické testy flexibility u sportovních lezců: reliabilita a vztah k lezeckému výkonu.

### **Cíle**

Ověření reliability specifických testů flexibility ve sportovním lezení.

Determinace vztahu specifické flexibility a výkonu ve sportovním lezení.

### **Metoda**

Měření se účastnilo třicet sedm sportovních lezců s průměrnou tělesnou výškou 176 ( $\pm$  9) cm a tělesnou hmotností 71 ( $\pm$  9) kg. Byla měřena specifická pohyblivost pomocí tří testů: *přizpůsobený Grantův test*, *specifické zvednutí nohy* a *nasednutí na lištu*. Reliabilita testů byla ověřena opakovaným měřením a vyhodnocena vnitrotřídním koeficientem korelace (ICC 3,k). Vztah specifické pohyblivosti byl vyjádřen korelací k lezeckému výkonu RP.

### **Výsledky**

Nejvyšší reliabilitu prokazoval test *nasednutí*  $r=0,91$ . Test *specifické zvednutí nohy* vykázal nejmenší spolehlivost  $r=0,86$  a *přizpůsobený Grantův test*  $r=0,87$ . Byl prokázán významný vztah mezi specifickými testy flexibility a lezeckým výkonem RP. *Nasednutí*  $r=0,65$ ; *specifické zvednutí nohy*  $r=0,40$  a *přizpůsobený Grantův test*  $r=0,56$ .

### **Závěr**

Použité testy specifické pohyblivosti měly velmi dobrou reliabilitu. Specifická flexibilita byla ve významné souvislosti s lezeckým RP výkonem.

### **Klíčová slova**

Flexibilita, sportovní lezení, reliabilita

## **ABSTRACT**

### **Title of bachelor thesis**

Specific flexibility tests : reliability and relationship to climbing performance.

### **Aims**

Reliability assessment of specific flexibility tests in sport climbing.

Determination of the relationship between flexibility and performance in sport climbing.

### **Method**

Thirty-seven climbers ( $176 \pm 9$  cm,  $71 \pm 9$  kg) underwent the measurement. Specific flexibility was evaluated using three specific tests: *Adapted Grant foot raise test*, *climbing-specific foot raise test* and *foot-loading flexibility test*. Reliability tests were evaluated by Interclass Correlation Coefficient (ICC 3,k). The relationship between specific flexibility and performance RP was evaluated by Pearson correlation coefficient.

### **Results**

The *foot-loading flexibility test* showed highest reliability  $r=0.91$ . *Climbing-specific foot raise test* showed the lowest reliability  $r=0.86$  and *Adapted Grant foot raise test*  $r=0.87$ . We have found a significant relationship between specific flexibility tests and climbing performance RP: *Foot-loading flexibility test*  $r=0.67$ , *climbing-specific foot raise test*  $r=0.40$  and *adapted Grant foot raise test* was  $r=0.56$ .

### **Conclusion**

The specific flexibility tests had very good reliability. Specific flexibility was in a significant relationship with the RP climbing performance.

### **Keywords**

Flexibility, sport climbing, reliability

Chtěl bych poděkovat Mgr. Jiřímu Balášovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc při měření, cenné rady a připomínky v průběhu tvorby této práce.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a použil jsem pouze literaturu uvedenou v seznamu citací.

-----

Marek Řehoř

Svoluji k zapůjčení své bakalářské práce ke studijním účelům.

Prosím, aby byla vedena přesná evidence vypůjčovatелů, kteří musí pramen převzaté literatury řádně citovat.

---

Jméno a příjmení:	Číslo obč. průkazu:	Datum vypůjčení:
-------------------	---------------------	------------------

Poznámka:

---

## Obsah

1	Úvod.....	8
2	Teoretická východiska .....	9
2.1	Anatomické předpoklady flexibility .....	9
2.1.1	Vazivová tkán .....	11
2.2	Druhy flexibility .....	11
	• Statická flexibilita.....	11
	• Dynamická flexibilita .....	11
	• Aktivní flexibilita .....	11
	• Pasivní flexibilita.....	11
2.3	Význam flexibility .....	12
2.4	Poruchy flexibility .....	14
2.4.1	Hypomobilita .....	14
2.4.2	Hypermobilita .....	14
2.5	Vnitřní a vnější činitele flexibility.....	14
2.5.1	Konstituční základ .....	15
2.5.2	Kondičně- energetický základ.....	15
2.5.3	Koordinační základ .....	15
2.5.4	Další aspekty .....	15
2.6	Prostředky a metody rozvoje pohyblivosti .....	16
2.6.1	Aktivní strečink.....	16
2.6.2	Pasivní strečink .....	17
2.6.3	Statický strečink.....	17
2.6.4	Dynamický strečink .....	17
2.6.5	Proprioceptivní nervosvalová facilitace (PNF).....	18
2.7	Diagnostika flexibility .....	18
2.7.1	Měření úhlů (goniometrie) .....	18

2.7.2	Posuzování úrovně flexibility .....	18
2.7.3	NR-testy .....	19
2.7.4	Alternativní posouzení .....	19
2.8	Charakteristika lezeckého pohybu.....	19
2.8.1	Lezecký krok.....	20
2.8.2	Důležité zásady .....	20
2.9	Vliv flexibility na lezecký výkon .....	22
2.10	Realibilita měření .....	23
3	Cíle práce .....	26
4	Hypotéza .....	26
5	Úkoly .....	26
6	Metodika .....	27
6.1	Soubor.....	27
6.2	Realizace výzkumu.....	27
6.2.1	Přizpůsobený Grantův test zvednutí nohy .....	28
6.2.2	Specifické zvednutí nohy pro lezení .....	28
6.2.3	Nasednutí .....	29
6.3	Použitý přístroj měření .....	29
6.4	Vyhodnocení výsledků .....	30
7	Výsledky .....	31
7.1	Vyhodnocení spolehlivosti .....	32
7.2	Determinace závislosti testů flexibility na RP výkon.....	33
8	Diskuse.....	35
9	Závěr .....	37
10	Literatura.....	38
11	Seznam tabulek .....	42
12	Seznam obrázků.....	43

## 1 Úvod

Soutěžní a rekreační skalní lezení se stává čím dál více populárnější a stejně tak i vědecké výzkumy, které ve svých výsledcích přináší celou řadu důležitých informací a dat. Zjištěné výsledky můžeme využívat ke zlepšení lezecké výkonnosti, objasnění fyziologických funkcí při lezení, napomáhají nám zjišťovat jak velký význam má absolutní síla ve sportovním lezení a v neposlední řadě i výzkum pohyblivosti má podstatný význam. Ač ve srovnání s jinými aspekty výkonu se pohyblivosti dostává méně výzkumné pozornosti (Heyward, 2002). Do značné míry to může působit jako paradox, neboť jako jedna ze složek výkonu je pohyblivost důležitým a nesmazatelným faktorem lezeckého výkonu. Další podstatné faktory ovlivňující lezecký výkon jsou absolutní síla, vytrvalost (především lokální) a síla výbušná. Může se zdát, že síla řeší při lezení většinu lezeckých obtíží, kdy lezec potřebuje překonat krátkou pasáž, aby se dostal na místo odpočinku. Pro skalní lezení Watts (2004) zdůraznil význam kyčelní flexe pro vysoké kroky, nosnost kyčle a vnější rotace pro roztažení nohou do stran. Dostane-li lezec do situace, kdy nebude zapotřebí vyvolat jen vyšší sílu, ale bude potřeba dát nohu na stup umístěný vysoko, pohyblivější lezec nebude mít s tímto obtížným místem problém. Lezec s pohyblivostí menší, bude muset tento problém řešit jinak, tím pádem bude vyvíjet vyšší sílu, než která je nutná k přezení cesty. Čím těžší cesta je, tím větší je i technická obtížnost a tím jsou větší fyziologické požadavky na lezce (Mermier et al., 1997; Watts, 2004; Draper et al., 2006



## 2 Teoretická východiska

Pohyblivost (flexibilita) se jednoduše týká rozsahu pohybů v jednom kloubu, či v určitém kloubním systému a v angličtině se označuje jako ROM (range of movement). Přesná definice zní takto „flexibilita je schopnost realizovat pohyb v náležitém rozsahu, o plné amplitudě“ (Měkota, Novosad, 2005, str. 96).

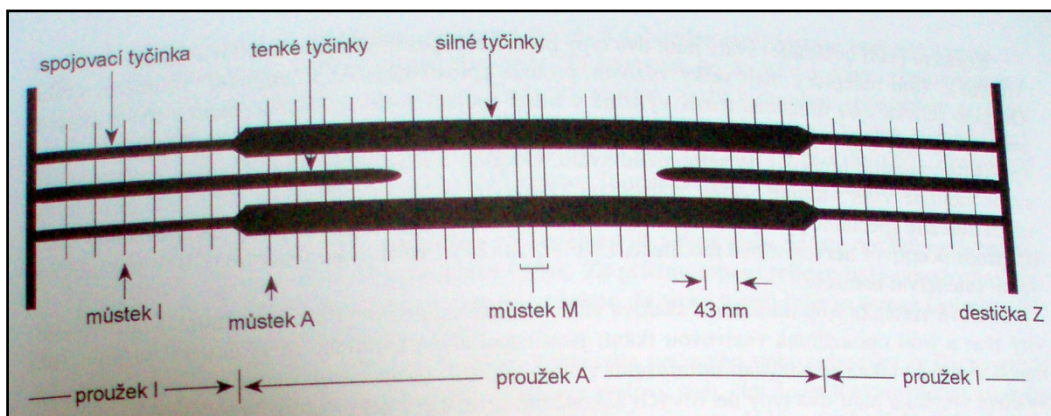
Do značné míry jsou pohyblivostní schopnosti determinována geneticky, ale možnosti rozvoje pohyblivosti tréninkem jsou značné (Měkota, 2007).

Pro pochopení pohyblivosti si musíme přesněji určit složení svalového vlákna, tak abychom pochopili důležité komponenty pro rozvoj pohyblivosti na buněčné úrovni.

### 2.1 Anatomické předpoklady flexibility

Pohyb je zajištěn kontrakcí svalů, které spojeny ke kostem pomocí šlach. Při kontrakci dochází ke smrštění svalu, které za pomoci šlach přitahují kosti. Pohyb je tedy zajištěn souhrou svalů a skeletu.

Složení svalu je u všech jeho druhů a velikostí stejné. Právě na svaly se ve stimulaci pohyblivosti zaměřujeme. „Myofibrily jsou součástí svalů, které se kontrahují (zkracují), relaxují a prodlužují, jsou složeny z jednotlivých svalových buněk a ty dále z tzv. sarkomer.“ (Alter, 1998, str. 12). Sarkomery jsou složeny z tenkých aktinových a silných myozinových tyčinek, které jsou spojeny pomocí titinových tyčinek (spojovací tyčinka).



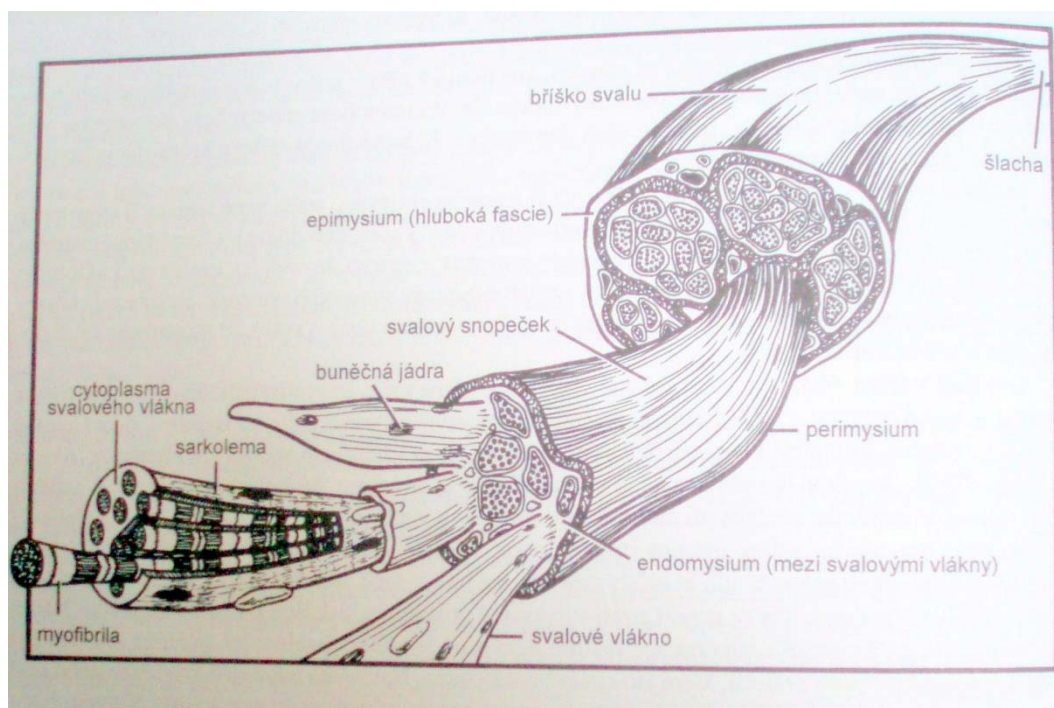
Obrázek 1 Schematický přehled základních součástí sarkomery (Alter, 1998)

Svalová vlákna dostávají nervový impuls, tento impuls vede k uvolnění kalciových iontů za přítomnosti adenositriřofátu se kalciové ionty váží s aktinem a myozinem a vytváří elektrostatickou vazbu. Výsledkem toho je znik napětí, které odezní po ukončení impulsů a až díky přítomnosti elastických struktur svalu se tyčinky vrátí k původnímu stavu (Alter, 1998).

Protažení svalu je tímto mechanismem ovlivňováno do doby než za posun tyčinek aktinu a myozinu může zapojení titinových (spojovacích) tyčinek, které se zapojují při pokračujícím protahování.

Dle Altera (1998) je jednou z nejdůležitějších součástí svalu vazivová tkáň, která obaluje a obklopuje sval na všech úrovních jeho vnitřního uspořádaní. A jedná se o:

- Endomysium
- Premysium
- Epimysium



Obrázek 2 Schematické znázornění svalu se třemi typy vazivové tkáně: epimysium, perimysium a endomysium (Alter, 1998)

### 2.1.1 Vazivová tkán

Vazivo tvoří vazivové buňky, kolagenní, elastická, retikulární vlákna a mezibuněčná beztvářá hmota, pro pohyblivost mají největší význam dva typy vazivové tkáně: kolagenní a elastická (Dylevský, 2007, Alter, 1998). Rozsah pohybu je omezený tam, kde převažují vlákna kolagenní a naopak tomu je pokud převažují vlákna elastická. Ty ve větším množství umožňují větší rozsah pohybu. Při protahování se nám ve zjednodušeném podání mění kolagenní vlákna na elastická. Vazivová tkáň ve svalu (endomysium, premysium, eppimisium) vytváří svalové facie, obalují se a spojují jednotlivá svalová vlákna do samostatných skupin. A právě na svalovou fascii se při strečinku soustředíme. Prvním důvodem je, že sval a jeho fascie obsahuje velké množství elastického vaziva a druhým důvodem je, že vazy a šlachy jsou ve srovnání se svalovou fascií méně elastické (Alter, 1998).

## 2.2 Druhy flexibility

Flexibilitu můžeme rozdělit do několika skupin. Máme buď *statickou* nebo *dynamickou* a *aktivní* nebo *pasivní*.

- **Statická flexibilita**

Jedná se o rozsah v kloubu, který jsme schopni docílit sami, pomalým pohybem. Jako příklad si můžeme uvést úklon trupu a setrvání v krajní poloze.

- **Dynamická flexibilita**

Zde se jedná o využití kloubního rozsahu v pohybové činnosti. Tedy při pohybu s jakoukoliv normální či zvýšenou rychlostí.

- **Aktivní flexibilita**

Aktivní pohyblivost nám vymezuje kloubní rozsah, kterého jsme schopni dosáhnout za pomoci vlastního svalového systému. Zde si můžeme uvést jako příklad zanožení nohy.

- **Pasivní flexibilita**

Pasivní flexibilitou se rozumí dosažení kloubního rozsahu z dopomocí. Dopomoc může být jinou osobou nebo si v rozsahu můžeme dopomoci sami,

například ručníkem přetaženým přes chodidlo. Pasivní flexibilita má díky tomu vždy větší amplitudu pohybu.

Dle Vomáčka a Boštíkové (2008) jsou pro lezení důležité obě tyto formy pohyblivosti, především aktivní pohyblivost, která umožňuje lezcům dosáhnout na vyšší stupě.

Zmíněné čtyři druhy flexibility se navzájem propojují, čím vznikají čtyři základní metody rozvoje flexibility. Pokud však chceme přímo dospět k rozvoji pohyblivosti, používáme speciální metody, jako je například metoda postizometrické relaxace viz prostředky a metody rozvoje pohyblivosti).

Flexibilita je s porovnáním od jiných schopností (např. silových) ve značné nevýhodě. Jelikož nemá mezi jednotlivými druhy flexibility navzájem žádnou závislost. Například u absolutní síly a vytrvalostní síly určitá závislost existuje, při rozvoji síly absolutní automaticky vzroste (nepatrně) i síla vytrvalostní. Neznamená, že pokud máme velký kloubní rozsah v kyčelním kloubu, že máme i velký kloubní rozsah v kloubu ramením. A dokonce ani nemusí být pravidlem, že pokud máme velký kloubní rozsah v levém kyčelním kloubu, že ho budeme mít v pravém kyčelním kloubu. Rozsah kloubu je totiž specifický pro každý kloub samostatně.

Ženy mají však, co se týče pohyblivosti, jednu důležitou výhodu. Jejich anatomické konfigurace je do značné míry jiná než u mužů a v rozsahu pohybu jsou zvýhodněny. Nejvíce se tato anatomická odlišnost týká pánve. Ženská pánev obecně umožňuje větší pohybový rozsah než pánev mužská (Alter, 1998).

## **2.3 Význam flexibility**

V řadě sportů (fotbal, hokej, tenis atd.) se pohyblivost rozvíjí jen jako nepřímá součást kondice, která umožňuje lépe využívat dalších sportovních schopností. Existují sporty, v kterých je rozvíjení pohyblivosti primární (gymnastika, atletika atd.).

Přesto, že se v experimentálních podmínkách dostává flexibilitě méně pozornosti, je role flexibility jako faktoru ovlivňujících výkon nejednoznačná. I když se ukázalo jak důležitá flexibilita ve sportu je, někteří výzkumníci našli

rozpor mezi tímto tvrzením, jelikož našli sportovce s nižší úrovní flexibility, kteří měli vyšší výkonnost než jejich pružnější vrstevníci (Gleim et al., 1990, Craib et al., 1996). Při vyšetřování role flexibility na výkonnost běžců Gleim et al. (1990) zjistil, že ti s horší flexibilitou, která byla měřená přes rozsah pohybu trupu a dolních končetin, poukazují na vyšší úroveň ekonomiky běhu. Stejně tak Craib et al. (1996) uvádí, že sportovci s nižší úrovní dorsální flexe kotníku a vnější rotace v kyčelním kloubu, byli běžci s lepší účinností běhu. Možným vysvětlením pro jejich výsledky bylo, že relativní nepružnost v kyčelním kloubu a trupu se projeví nižším zatížením stabilizačních svalů (posturálních) a za běhu to vedlo k větší akumulaci energie. V důsledku toho i ke snížení metabolické poptávky po energii.

Zahrnutí tréninku flexibility do programu sportovní přípravy bylo také doporučeno jako metoda prevence úrazu (Maud a Cortez- Cooper, 1995, Heyward, 2002, Bredley a Portas, 2007).

Počáteční studie v oblasti sportovního lezení se týkaly úrazů, nemoci a psychofyziologického zatížení sportu (Ward, 1975, Williams et al., 1978). Novější výzkum se zaměřil na antropometrii (Watts et al., 1993, Grant et al., 1996, Mermier et al., 2000, Watts et al., 2003), zranění (Bollen a Gunson, 1990, Koukoubis et al., 1995, Wright et al., 2001), místní svalovou únavu (Watts et al., 1996, Grant et al., 2003, Schoeffl et al., 2004), výdej energie (Billat et al., 1995, Mermier et al., 1997, Booth et al., 1999, Draper et al., 2006), psycho-fyziologické aspekty lezení (Hardy a Hutchinson, 2007), a biomechanické analýzy (Quaine a Martin, 1999)

Stimulace pohyblivostních schopností by měla být zařazena ve všech sportovních odvětvích, i když její význam není v daném odvětví nejdůležitější. Důvodem protahovacích a uvolňovacích cvičení není vždy jen stimulace pohyblivosti, ale i z důvodu udržení svalové rovnováhy. Především v raném věku může docházet k různým svalovým disbalancím, které mohou vést k negativnímu rozvoji jedince. Význam flexibility je ovládnutí vlastní techniky pohybu, větší ekonomičnost pohybu, menší pravděpodobnost zranění apod.

## **2.4 Poruchy flexibility**

### **2.4.1 Hypomobilita**

Jedná se o dočasné nebo trvalé snížení pohyblivosti v určitém kloubu. Hypomobilita roste s věkem a nečastěji z důvodu nedostatku pohybové aktivity. Muže k němu však i dojít za příčiny zranění nebo při onemocnění jako je například artróza. Nejčastěji se artróza vyskytuje u kyčelního kloubu.

Alter (1998) uvádí obecné platnosti, že rozsah pohybu v kloubu limituje pět faktorů:

- Menší elasticita ve spojovacích tkáních a kloubech.
- Větší svalová tenze.
- V případě aktivních pohybů, nedostatek síly a koordinace.
- Struktura kloubu (její eventu. Patologické změny).
- Bolestivost kloubů a vazivových tkání.

Ve sportovním lezení je hypomobilita nežádoucím efektem, jelikož při vertikálním pohybu po stěně potřebujeme velký pohybový rozsah k nutným přesahům z chytu do chytu. Proto bychom se měli vždy před výkonem protahovat.

### **2.4.2 Hypermobilita**

Jedná se o opačný případ než u hypomobility. Elasticita vláken je větší než v normálním stavu a zapříčiňuje nadměrný rozsah kloubní pohyblivosti. Jedná se ve velké míře o dědičnou záležitost a ve sportu je zařazena jako nežádoucí. Častěji než u mužů se hypermobilita projevuje u žen. Stabilita kloubů je výrazně zmenšena a hrozí riziko luxace či vymknutí hlavy kloubu z jamky. Následná rehabilitace je nepříjemná a poraněné vazy se do původního zdravého stavu dostávají velmi obtížně. Mezi častá onemocnění pak patří osteoporóza aj.

## **2.5 Vnitřní a vnější činitele flexibility**

Mezi hlavní činitele, které ovlivňují úroveň pohyblivosti, patří tyto.

### 2.5.1 Konstituční základ

Je podmíněn tvarem kloubů, tedy tvarem kloubní hlavice a kloubní jamky. Platí zde závislost, že čím větší je hlavice a menší jamka tím větší je pohyblivost. Tato zákonitost nám ukazuje počet stupňů volnosti. Dále je podmíněna schopnost protažení svalových pouzder.

Pohyblivost může být ovlivněna i hypertrofií svalů. Například kolem ramenního kloubu u kulturistů je větší hypertrofie důsledkem snížení pohyblivosti v pletenci ramenním.

### 2.5.2 Kondičně- energetický základ

Jedná se především o aktivní flexibilitu. Je to síla svalů vyvolávajících pohyb, neboť v hraničních oblastech pohybového rozsahu je třeba překonávat značný odpor (Měkota, 2005)

### 2.5.3 Koordinační základ

Zde se jedná o rozdělení svalových skupin na agonistické (svaly vykonávající pohyb) a svaly antagonistické (vykonávají opačný pohyb). Tento základ flexibility byl donedávna nedoceňován a zahrnuje ještě koordinaci synergistu, regulaci svalového tonusu a šlachové reflexy (Měkota, 2005).

Tyto faktory se do značné míry mohou brát jako *vnitřní činitele*. Další a neméně podstatný vliv mají i *činitele vnější*.

### 2.5.4 Další aspekty

Měkota (2005) uvádí tyto další aspekty, které do značné míry ovlivňují pohyblivost:

- *Vliv prostředí*: Především vnější teplota má vliv na úroveň pohyblivosti, neboť chlad působí negativně. V teplém prostředí je tomu naopak.
- *Únava*: Má především záporný vztah k flexibilitě a především jeli únava velká.

- *Předeřtí:* Důkladné a správné zahřtí před výkonem má především prevenční charakter. A také zvyšuje viskozitu kloubů (synovie).
- *Denní doba:* Pohyblivost během dne postupně stoupá a následně klesá. Studie přinesli nejednoznačné výsledky, ale s určitostí lze tvrdit, že nejmenší rozsah pohybu je brzy ráno. Za jednu z příčin lze považovat ztuhlost svalstva.

## 2.6 Prostředky a metody rozvoje pohyblivosti

Alter (1998) uvádí, že zvýšení pohyblivosti docílíme tím, že budeme prodlužovat vazivovou a svalovou tkáň. Pohyblivost však musíme procvičovat pravidelně řádným strečkem. Přínosem rozvoje pohyblivosti může být například prohloubení duševní a tělesné relaxace sportovce nebo může prohloubit pohybové vnímání. Může snížit svalové napětí a dala by se najít celá řada dalších pozitivních přínosů rozvoje pohyblivosti za pomoci strečinku. Aby však strečink působil pozitivně, musí se provádět správnou technikou. Pokud by tomu tak nebylo mohlo by naopak protahování i ublížit.

Trénink pohyblivosti musí být pro každého individuální, protože neexistuje obecný program, podle kterého by se jednoduše dalo říci, že je ideální pro celou populaci.

Dle Měkoty (2005) můžeme zlepšit pohyblivost pomocí dvou technik. První je tradiční metoda *dynamického protahování*. A druhou metodou je *pasivní protahování- strečink*.

Strečink si můžeme rozdělit do pěti základních technik a to na techniku *aktivní, pasivní, dynamickou a statickou a proprioceptivní*.

### 2.6.1 Aktivní strečink

Jak je zmíněno výše, aktivní strečink se provádí zapojováním svalů bez dopomoci. Nevýhodou tohoto cvičení je, že může dojít k napínacímu reflexu, ten nemusí být vždy účinný, například při některých poruchách a poraněních pohybového aparátu (Alter, 1998).



Aktivní strečink můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinou je *volný aktivní pohyb*, kdy svaly nejsou ovlivňovány vnějším odporem, a druhou skupinou je *aktivní pohyb proti odporu*. Zde je jednou velkou nevýhodou nutnost přítomnosti partnera. V prvním případě je naopak výhodou, že protahování můžeme zařadit do tréninkové jednotky jednotlivce.

Aktivní strečink proti odporu můžeme využít i jako posílení slabých agonistů. Neboť při dosažení meze vlastní pohyblivosti dokončí pohyb například námi používaná pomůcka (guma atd.).

### **2.6.2 Pasivní strečink**

Pokud je omezen pohyb díky pružnosti svalů a vazivových tkání doporučuje se právě pasivní strečink. Tato metoda má řadu výhod a nevýhod. Výhodou je dopomoc, pokud je agonista příliš slabý k tomu, aby sval mohl protáhnout, dále umožňuje větší rozsah pohybu než u aktivního strečinku. Je používán i při rehabilitacích zkrácených svalů například po úrazu. Jednoznačnou nevýhodou je větší náročnost na přesnost provedení, pokud by se rozsah přehnal, mohlo by dojít k bolestivosti svalů nebo k mikrotraumatům.

### **2.6.3 Statický strečink**

Tato metoda je převzata ze staletí prováděné hathajógy a právě díky dlouhodobé zkušenosti je jednou z nejbezpečnějších metod. Další výhodou je navození svalového uvolnění. Pomocí impulsů z Golgiho šlachových tělísek. Značnou nevýhodou však je jeho nedostatečná specifická. „Připomeňme si, že sval obsahuje dva typy receptorů: primární zakončení je schopno rychlost a délku protažení svalu, zatímco sekundární zakončení pouze jeho délku“ (Alter, 1998, str. 20). Problém je v tom, že většina pohybu je dynamického charakteru a to statický strečink nepodporuje. Proto je třeba do tréninku zapojit i dynamický strečink.

### **2.6.4 Dynamický strečink**

Dynamický strečink je jak jsem již naznačil v kapitole druhy flexibility prováděn za pomoci kinetické energie, vedoucí ke zvýšení rozsahu pohybu. Rozvoj pohyblivosti je v tomto případě omezen krátkou dobou trvání. Pokud chceme, aby cvičení bylo efektivní, tak by měl být vysoký počet opakování.

V tomto případě strečinku platí obzvláště velká pozornost na techniku provádění cvičení. Může snadno dojít k poškození svalové a vazivové tkáně.

### **2.6.5 Proprioceptivní nervosvalová facilitace (PNF)**

Metoda byla původně navržena jako rehabilitační fyzikální terapie, ale dá se používat i v rámci rozvoje pohybového rozsahu. PNF by se měla používat až po zvládnutí statického strečinku, jelikož se svaly napínají ve velkém rozsahu.

PNF existuje celá řada, ale ve sportovním odvětví se nejčastěji užívají tyto dva druhy: *kontrakčně-relaxační technika* a *technika kontrakce- relaxace- kontrakce agonisty*.

U kontrakce-relaxace se antagonistu dostává do natažené pozice, pak se lehce protáhne až do submaximální úrovně po dobu 6-15s, proti odporu partnera. Poté následuje relaxace, v které partner ještě o kousek protáhne natahovaný sval. Smyslem této techniky je předpoklad počáteční kontrakce antagonistů v nataženém stavu a následná relaxace s protažením stejného svalu.

Technika kontrakce-relaxace- kontrakce agonisty se do značné míry podobá předchozí metodě s rozdílem toho, že po relaxaci nastává aktivní kontrakce. Základem této techniky je neurofyzilogický pochod recipročního útlumu (inhibice), takže při kontrakci agonistů relaxuje antagonist (Alter, 1998). U této techniky dochází k největšímu rozsahu pohybu ze všech technik strečinku. Nevýhodou je však vysoká náročnost na provedení a pocit bolestivosti při protažení.

## **2.7 Diagnostika flexibility**

### **2.7.1 Měření úhlů (goniometrie)**

Měří se aktivní i pasivní pohyb a výsledky se uvádějí ve stupních. A měří se úhly mezi jednotlivými segmenty těla. Používané měřiče se mohou podobat od známých úhloměrů po elektronické goniometry.

### **2.7.2 Posuzování úrovně flexibility**

Vhodným indikátorem pro měření flexibility je vzdálenost určitých bodů těla od podložky, nebo navzájem, zjištěná ve vhodně zvolených postojích či polohách (Měkota, 2005)

*Terénní motorické testy flexibility* jsou testy, které se realizují jako jednoduché cviky a jejich cílem je dosáhnout maximální amplitudy u měřeného jedince. Uváděná vzdálenost se měří v centimetrech a určuje nám vzdálenost stanoveného bodu segmentu od fixního bodu v prostoru.

### **2.7.3 NR-testy**

Dle Měkoty a Cuberteka (2007) se v NR-testech (norm-referenced) výsledek porovnává se statisticky odvozenou normou, obvykle vyjádřenou tabulkami nebo grafy. „To umožňuje převést naměřená hrubá skóre na percentily (event. decily, kvintily, kvartily) nebo na některý typ skóre standardních, např. na „staniny“, „steny“ nebo T-body, a určit tak pozici probanda mezi vrstevníky“ (Měkota a Cubertek, 2007, str. 114)

Nejčastěji používaným NR-test je předklon v sedě. Jedná se o hluboký předklon s dosahováním na měřítko v sedu snožmo. Takto je označován nejrozšířenější terénním testem flexibility. Jde o pozici sedu snožmo, kdy se proband opírá chodidly zařízení a hlubokým předklonem se snaží dosáhnout nataženými pažemi na centimetrové stupnici, kde v krajní poloze musí setrvat minimálně dvě sekundy. Tento test se ve velké míře objevoval i v měření pohybového rozsahu u sportovních lezců, ale později se toto měření zpochybnilo. Neboť tento test nepůsobil jako specifický pro horolezectví (Giles et al., 2006).

### **2.7.4 Alternativní posouzení**

RC- testy (criterion- referenced) jsou testy, kde se výsledek porovnává s experimentálně určenými kritérii.

#### *Metrické parametry testů*

Měkota (2005) uvádí, že měření a testy flexibility bývají dostatečně spolehlivé neboť koeficienty reliability (určené metodou test-retest) vesměs překračují hodnotu 0,9.

## **2.8 Charakteristika lezeckého pohybu**

Lezení zahrnuje pohyb mezi místy odpočinku a úspěch je založen na schopnosti lezce pohybovat se mezi těmito místy co nejplynuleji a s výdejem co možná nejmenší energie. Plynulost pohybu je při lezení výsledkem složitě

interakce zručnosti, fyziologický, psychických a environmentálních faktorů (Goddard a Neumann, 1993; Watts, 2004; Horst, 2003).

### **2.8.1 Lezecký krok**

Lezení probíhá na výstupcích lezecké stěny nebo skály, kterým se říká chyty (pro ruce) a stupy (pro nohy). Kromě cest pro začátečníky na umělých stěnách jsou chyty jen zřídka uspořádány v řadě nad sebou a s horizontálními hranami, které umožňují lézt jako po žebříku. Je opravdu typické, že chyty se vyskytují v celé řadě tvarů, velikostí úhlů a konfigurací, které jsou uspořádány nerovnoměrně na stěně či skále. Díky tomu jsou lezci nuceni zapojovat svaly často v podivných úhlech.

Lezecký krok se dá rozdělit do několika fází. Při důkladnějším prozkoumání se v podstatě jedná o proces mezi dvěma rovnovážnými postoji, díky kterým se lezec pohybuje po stěně.

1., Ve fázi přípravy se lezec pouze připravuje na zdvih těžiště těla.

Touto fází můžeme dále rozdělit na podfáze

- Orientace, kdy lezec vybírá tvar a velikost následujícího chytu a vymýšlí další pohyb,
- Precizace dosavadních úchopů a postavení nohou,
- Opětovná orientace,
- Vytvoření pravolevé rovnováhy

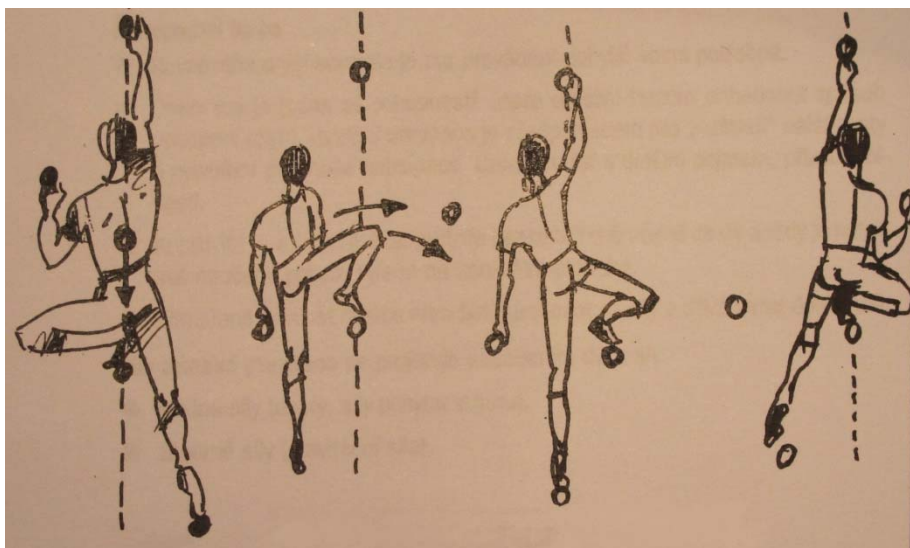
2. V hlavní fázi se nejdříve lezcovo těžiště mírně sníží, aby tělo mohlo využít energii vyvinutou k pohybu nahoru. Následuje pohyb a zdvih těžiště, tedy část vlastního pohybu, při kterém dochází k přesunutí těžiště vzhůru.

3. Ve fázi dokončení, jak již název odpovídá, tělo dokončuje zdvih a říká se přesunuje na další chyt“ (Vomáčka a Boštíková 2008, s. 59).

### **2.8.2 Důležité zásady**

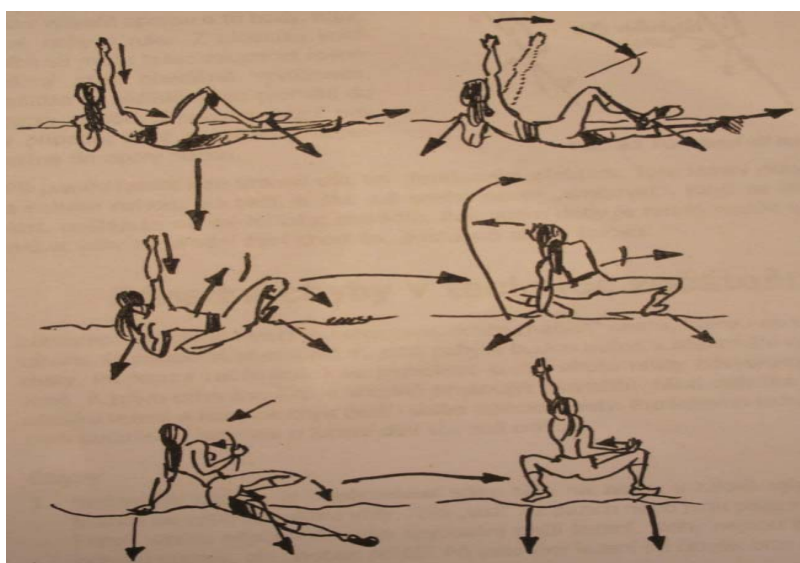
Dle Vomáčka a Boštíkové (2008) existuje několik důležitých zásad.

- Důležitou zásadou je vytvoření takzvané pravolevé rovnováhy. Při lezeckém pohybu se z dvou, tří či čtyř oporové pozice snažíme dostat k dalšímu chytu či stupu a právě kvůli tomu je důležité udržet pravolevou rovnováhu.



Obrázek 3 Vysoký krok využívá různých možností opor (Vomáčko, S., Boštíková, S., 2008)

- Při lezení však může vzniknout pouze homolaterální zatížení, může se tak stát, že se tyto roviny spojí a jedna se stane dominantnější a druhá zase vedlejší. Ukažme si to na příkladu uvedený v příkladu na obrázku. „Končetina vedlejší osy, v tomto případě levá noha, nezabezpečuje pohyb vzhůru, ale slouží pouze k vytvoření rovnováhy. Rovnováha je senzomotorická schopnost tedy součinnost vnímání a pohybu“ (Vomáčko, Boštíková, 2008, s.



67).

Obrázek 4 Možnosti opor při přelezu střeovitého převisu (Vomáčko, S., Boštíková, S., 2008)

Tímto způsobem se zvětší relativní zatížení nohou, což má šetřící účinek pro horní část těla- zejména předloktí (Watts et al., 1996; Ferguson a Brown, 1997; Quaine et al., 2003). Následkem zatížení nohou je odlehčení paží, tím pádem se výdej energie předloktí relativně sníží.

## 2.9 Vliv flexibility na lezecký výkon

Flexibilita je klíčovou výkonnostní složkou a nedílnou součástí posilovacích a udržovacích programů u mnoha sportů (Nelson a Bandy, 2004, Bradley a Portas, 2007).

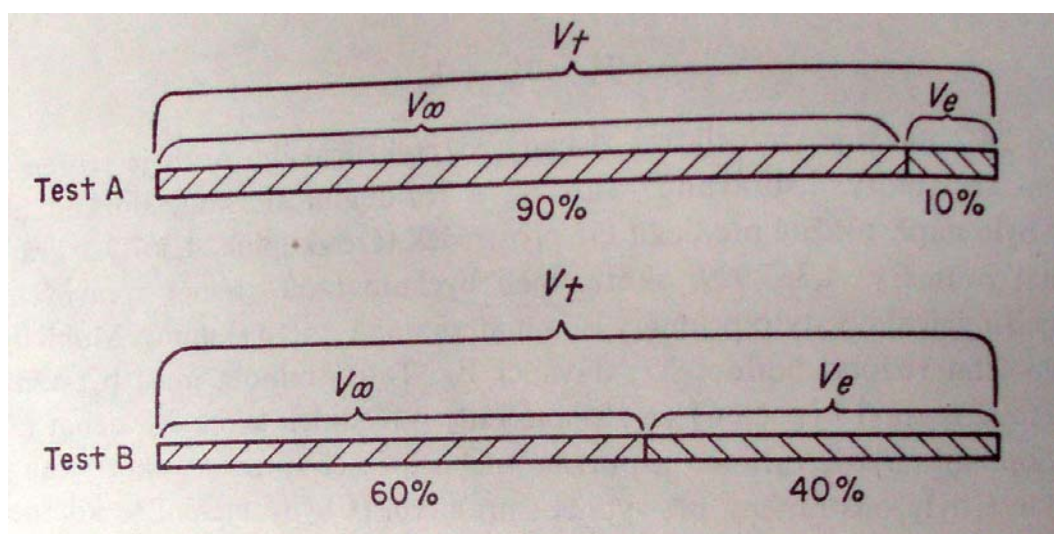
I přesto, že byla flexibilita identifikována elitními lezci jako klíčová složka tohoto sportu, bylo publikováno jen málo výzkumných studií o flexibilitě lezců. Předchozí studie měřily flexibilitu pomocí testů *dosahu nohy do strany* a již zmiňovaném testu *předklonu v sedě* (Grant et al., 1996, Grant et al., 2001), rozsahem kloubu v kyčelním a ramenním kloubu (Mermier et al., 2002) a schopností zvednout nohu (Grant et al., 1996). Mezi hlavní závěry této studie bylo, že elitní lezci mají vyšší schopnost ohnout nohu v kyčli ve srovnání s rekreačními lezci, i když tento výsledek nedosahuje statické významnosti (Grant et al., 1996). Mermier et al. (2002) uvádí, že flexibilita ramene a kyčle jen slabě předurčovala výkon a v jejich výzkumu vysvětlovala pouze 1,8% z celkového rozptylu výkonu.

Význam flexibility na sportovní výkon proto potřebuje další šetření (Draper et al., 2009). Goddard a Neuman (1993), oba elitní lezci, zdůraznili význam flexibility ve vítězství Yuji Hirayamy z Japonska před Jerry Moffatem z Británie ve finále Světového poháru v roce 1989 v Norimberku. Na druhou stranu Giles et al. (2006) zpochybnil vliv flexibility na lezecké výkony a to z důvodu nedostatku pozitivních a podpůrných výsledků výzkumu. Watts (2004) a Giles et al. (2006) naznačují, že předchozí studie týkající se lezecké flexibility byly nepřesné.

## **2.10 Realibilita měření**

V literatuře označovaná rovněž jako spolehlivost, stabilita, homogenita, přesnost, konzistence nebo stálost. Chrásek (2007), Hendl (2009) a Kaciánová (2010) definují, že měření je reliabilní, když při opakování za stejných podmínek poskytuje stejné (zhruba stejné) výsledky. Výsledky nebudou stejné z toho důvodu, že typicky pozorujeme nějakou náhodnou veličinu, která má rozptyl a také proto, že každé měření bývá zatíženo chybou tzv. chybou měřen. Za spolehlivé tedy můžeme považovat takové měření, u kterého je poměr chyb měření k vlastnímu (skutečnému) rozptylu malý.

Jako příklad si zde můžeme uvést Test A a Test B. Tyto testy mají stejný



Obrázek 5 znázornění "skutečného rozptylu" a chybného rozptylu (Kerlinger, 1972)

totální rozptyl ( $V_t$ ), ale rozdílné poměry skutečného ( $V_\infty$ ) a chybného rozptylu ( $V_e$ ). V testu A náleží 90% celkového rozptylu ke „správnému rozptylu“ a 10% náleží chybám. U testu B můžeme vidět že „správný“ rozptyl je pouze 60% a 40% ukazuje rozptyl chyb. Test A je tedy daleko spolehlivější než Test B.

Reliabilitu vyjadřuje relativní koeficient reliability. To je číslo, které může nabývat hodnot od 0 do 1, přičemž platí, že 0 odpovídá nulové reliabilitě a naopak 1 je ideální (100%) stupeň reliability. Tento koeficient reliability zkoumáme pomocí několika postupů, uvedeme si v praxi často používané postupy (Hendl (2009) , Chráska (2007)):

- *Metoda opakovaného měření* (test-retest reliability): Jedná se o metodu, jak již název napovídá, která označuje shodu opakovaných měření. V praxi však není příliš častý jelikož, nikdy nejsme schopni nastolit dvakrát stejné podmínky pro měření. Záleží zde na fyzickém i psychickém stavu probanda.
- *Metoda paralelního měření*: Měření se opakuje, ale za použití různých měrných nástrojů, tedy jiných ekvivalentních měření stejného konstruktů. V praxi je spíše výjimkou pro svou náročnost.



- *Metoda půlení ( split-half reliability)*: Uskutečněná měření se rozdělí na dvě poloviny a každá z nich se potom samostatně vyhodnocuje. Vyhodnocené výsledky se následně mezi sebou korelují a z nich se poté dostává koeficientu reliability.

### **3 Cíle práce**

Ověření reliability specifických testů flexibility ve sportovním lezení.

Determinace vztahu specifické flexibility a výkonu ve sportovním lezení.

### **4 Hypotéza**

Specifické testy flexibility budou mít ICC alespoň 0,85

Výsledky specifických testů pohyblivosti budou ve významném vztahu k lezecké výkonnosti RP.

### **5 Úkoly**

- Vytvoření speciálního testovacího přístroje
- Vybrat vhodné testy pro měření specifické flexibility
- Realizace měření test-retest
- Vyhodnocení výsledků

## 6 Metodika

### 6.1 Soubor

Měření se účastnilo třicet sedm lezců s průměrnou tělesnou výškou 174,1 cm  $\pm$  9,9 cm a průměrnou tělesnou hmotností 69,9 kg  $\pm$  8,6 kg. Jejich výsledky byly použity k determinaci vztahu specifické flexibility a lezeckého výkonu. K hodnocení reliability byla použita opakovaná měření sedmnácti lezců (174,2 cm  $\pm$  9,6 cm; 69,7 kg  $\pm$  9,8 kg), z toho deset lezců má svůj RP přelez (Red Point-vylezení cesty bez pádu či odsednutí) do 6+ UIAA pět lezců má svůj RP výkon mezi 7 až 8+ UIAA a dva lezci od 9 do 10 stupně UIAA. Lezci byli rekrutováni z místního klubu lezení a byli plně seznámeni s tím, jak bude experiment probíhat. Každý lezec byl informován, že v jakémkoliv stadiu experimentu může odejít. Dále lezci souhlasili s tím, že dva dny před testováním se zdrželi maximálního vypětí a alkoholu.

### 6.2 Realizace výzkumu

Měření se provádělo metodou opakovaného měření, tedy test-retest, za pomoci speciálního testovacího zařízení, které jsme vytvořili ve Sportovním Centru Palmovka v Praze. Testovací zařízení jsem nazval TZF (Testovací Zařízení Flexibility) viz Obrázek 6. Pomocí TZF jsem měřil jednotlivá data u tří specifických testů flexibility, které se užívají v současném výzkumu sportovního



Obrázek 6 Testovací zařízení flexibility

lezení. Konstrukčně jsme se nechali inspirovat výzkumem prováděním roku 2009 Nickem Draperem et al., který pro měření flexibility zkonstruoval Climbaflex.

Mezi testem a retestem byla stanovena deseti denní distance. Obě testování probíhala ve stejných podmínkách tak, abychom zaručili co největší přesnost měření. V měřeních spolehlivosti jsem použil zprůměrovaná data pro levou a pravou končetinu.

Probandi podstoupili tři testy, které měří specifickou flexibilitu lezeckých schopností, a to

v tomto pořadí:

### **1. *Přizpůsobený Grantův test zvednutí nohy*<sup>1</sup>**

### **2. *Specifické zvednutí nohy pro lezení*<sup>2</sup>**

### **3. *Nasednutí***

#### **6.2.1 Přizpůsobený Grantův test zvednutí nohy**

Cvičenec stojí ve stoje roznožném (na šíři ramen) 23 cm od testovacího zařízení a opírá se dlaněmi o zeď na úrovni ramen. Cvičenec se snaží zvednout nohu co nejvýše tak, aby imitoval vysoký zdvih nohy na stup. Oporová noha se při pohybu nesmí pohnout z prvotní pozice a dlaně se nesmějí vzdálit od stěny. V nejvyšší možné pozici musí cvičenec setrvat minimálně dvě sekundy, aby se jeho výsledek zapsal. Jednotlivé fáze jsou uvedeny na fotografiích na Obrázku 7. Měří se vždy pravá i levá noha. Z fyziologického pohledu se jedná o pohyb v kyčli flexi s vnější rotací a následnou abdukci.



**Obrázek 7** Jednotlivé fáze *přizpůsobeného Grantova testu zvednutí nohy*

#### **6.2.2 Specifické zvednutí nohy pro lezení**

Tento test vychází z polohy stoje roznožného, paže jsou na šíři ramen a za pomoci horního úchopu se drží horní posuvné lišty. Chodidla se špičkami dotýkají stěny pod testovacím zařízením. Horní lišta na testovacím zařízení se nastaví na výšku cvičence. Noha se zvedá bočním obloukem tak, aby byla

<sup>1</sup> V tabulkách a obrázcích dále jako GRANT

<sup>2</sup> V tabulkách a obrázcích dále jako DRAPER

zvednuta co nejvýše viz Obrázek 8. Proband se nesmí oporovou nohou pohnout z výchozí polohy.



Obrázek 8 Jednotlivé fáze specifického zvednutí nohy pro lezení

### 6.2.3 Nasednutí

Závěrečným testem bylo zvednutí nohy na lištu a nasednutí na tuto nohu. Tento test byl navržen jako měřítko dynamické flexibility. Cvičenec se nacházel ve stejné pozici jako u testu *zvednutí nohy specifický pro lezení* s rozdílem, že pod úchopovou lištou byla instalována další lišta, která byla použita, jako stup pro nohu viz Obrázek 9. Pokud cvičenec dosáhl dané výšky, vždy se mu posunula výška lišty o pět centimetrů. Takto se lišta zvedala až do výšky, kdy cvičenec nebyl schopen test provést dle pravidel.



Obrázek 9 Jednotlivé fáze nasednutí

## 6.3 Použitý přístroj měření

K měření jsme použili již dříve zmíněný TZF dle modelu Nicka Drapera et al. (2009). TZD byl od původního Climbaflexu lehce pozměněn, avšak nemělo to význam na technické provedení cviků. Nejdůležitější součástí přístroje jsou dvě posuvné horizontální lišty znázorněné na Obrázku 10. Vyšší lištu jsem při měření přizpůsoboval podle výšky měřeného probanda a druhá byla používána pouze u třetího testu (nasednutí) podle schopností probanda. Pokud proband nebyl schopen dosahované výšky dosáhnout, lišta se posunula o pět centimetrů níž.



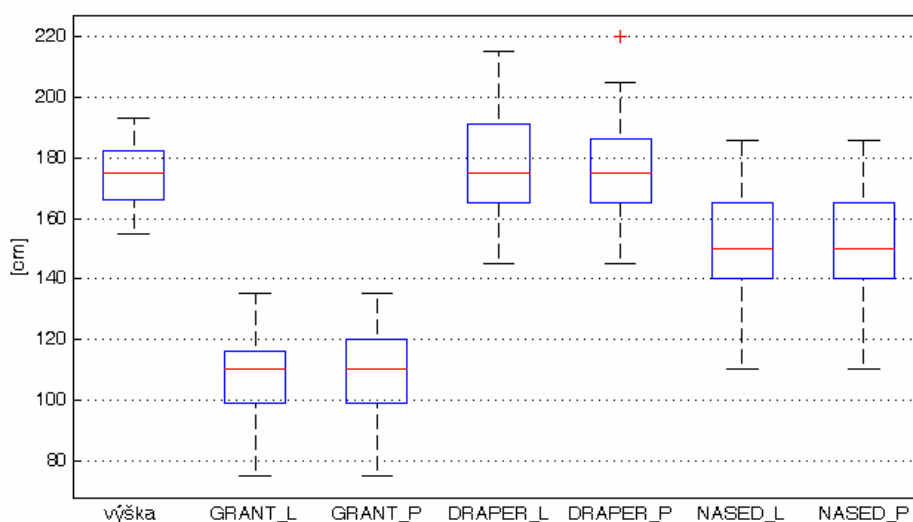
Obrázek 10 Posuvné lišty TZF

#### 6.4 Vyhodnocení výsledků

K vyhodnocení výsledků byl použit statistický program SPSS pro Windows verze 10.0, Reliabilita byla posuzována ICC 3,k (Interclass Correlation Coefficient), Pearsonův korelační koeficient byl použit pro určení závislosti mezi nejlepším RP výkonem a jednotlivými testy flexibility. Pro vizualizaci dat jsem použil nástroje MS Office (boxgraf, histogram, scatter plot).

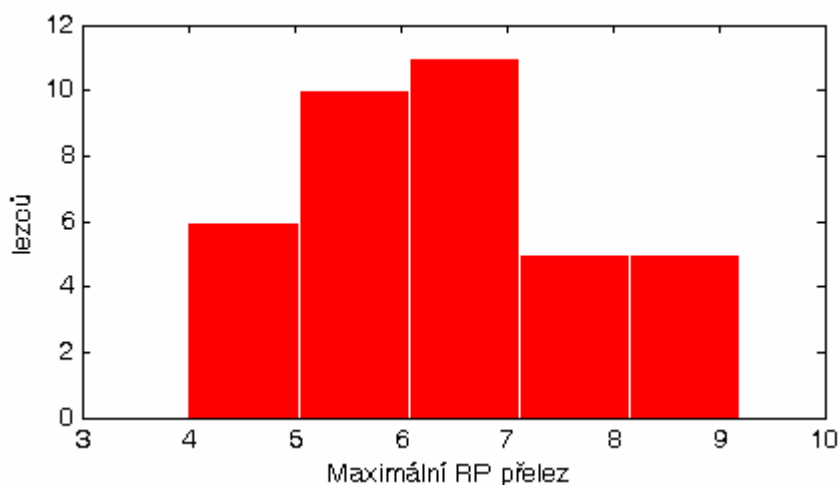
## 7 Výsledky

Pro lepší vizualizaci naměřených hodnot specifických testů flexibility jsem použil box-graf viz Obrázek 11. Tento graf nám zobrazuje horní a dolní kvartil (modrý obdélník), medián (červená čára) a variační rozpětí souboru. Výška 50% probandů se pohybovala okolo 165-180cm apod. Z obrázku je rovněž patrné, že výsledky specifických testů flexibility pro levou a pravou nohu jsou podobné. Červený křížek, který vyšel pouze v jednom případě u testu DRAPER\_P, je klasifikován jako tzv. „outlaier,“ tedy hodnota, která je značně vychýlená od souboru hodnot.



Obrázek 11 Vizualizace naměřených testů flexibility

Obrázek 12 zobrazuje histogram hodnot nejlepšího RP výkonu a ukazuje nám, v jakém počtu jsou rozřazeni lezci dle výkonu. Největší zastoupení dosáhli lezci s RP výkonem mezi 6-7 stupněm obtížnosti UIAA.



Obrázek 12 Histogram RP výkonu

## 7.1 Vyhodnocení spolehlivosti

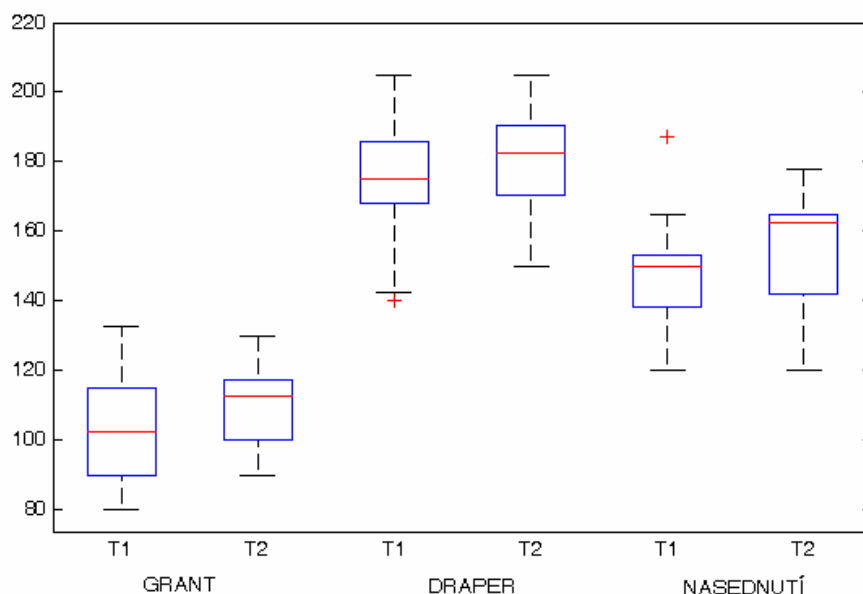
Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky jsou znázorněny v Tabulce 1. Pro grafické znázornění výsledků jsem sestrojil rovněž box-graf, který srovnává výsledky v *prvním* a *druhém* měření (test-retest) viz Obrázek 13. Pro přehlednost jsem zprůměřňoval hodnoty naměřené pro levou a pravou končetinu.

Tabulka 1 Průměry a směrodatné odchylky (cm) u měření test- retest, pro specifické testy měření flexibility.

		Test	Retest
Přizpůsobený Grantův test zvednutí nohy	Průměr	<b>103,3</b>	<b>110,5</b>
	Směrodatná odchylka	15,0	12,5
Specifické zvednutí nohy pro lezení	Průměr	<b>174,2</b>	<b>178,8</b>
	Směrodatná odchylka	17,8	15,5
Nasednutí	Průměr	<b>153,5</b>	<b>147,6</b>
	Směrodatná odchylka	17,4	16,

Z výsledků je patrné, že průměrné hodnoty testů se liší maximálně o 7cm, což je vzhledem k velikosti směrodatné odchylky zanedbatelný rozdíl. Podobný výsledek vidíme v uvedeném box-grafu.





Obrázek 13 Srovnání prvního a druhého měření

Tabulka 2 rovněž uvádí velikost koeficientu determinace, který udává podíl „vysvětlené variability“ z celkové variability. Dále můžeme konstatovat, že největší spolehlivost prokazuje třetí test (nasednutí). Avšak předchozí dva testy ukázaly taktéž dobrou spolehlivost.

Tabulka 2 Vnitrotřídní korelační koeficient údajů u tří měřítek flexibility

Test	ICC
Prizpůsobený Grantův test zvednutí nohy	0,87
Specifické zvednutí nohy pro lezení	0,86
Nasednutí	0,91

## 7.2 Determinace závislosti testů flexibility na RP výkon

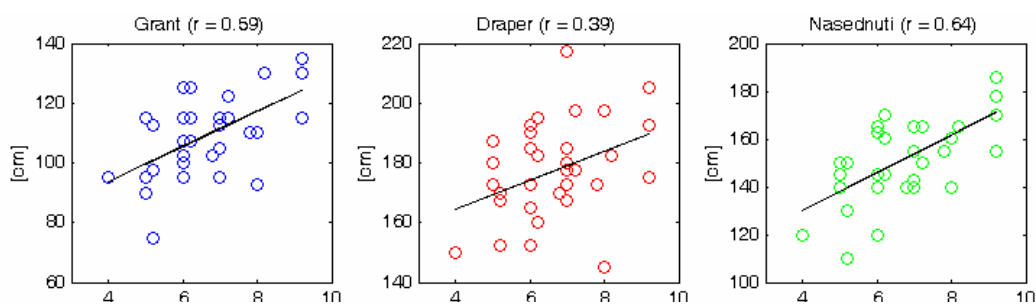
Jelikož výsledky testů jsou ovlivněny výškou probandů, sestrojil jsem ke každému z testů i jeho relativní hodnoty, vztažené k výšce probanda. Tyto hodnoty jsou označeny dodatkem „rel.“ Dále jsem převedl známou UIAA klasifikaci do absolutních hodnot (RP ord.), abych získal intervalovou škálu. Vypočtené výsledky jsou zobrazeny v Tabulce 3 V každé buňce tabulky je uvedena hodnota, která odpovídá velikosti Pearsonova korelačního koeficientu mezi proměnnými, uvedenými v názvu sloupce a řádku.

Tabulka 3 Vztah flexibility k výkonu

	RP ord.	GRANT L	GRANT P	DRAPER L	DRAPER P	NASEDNUTÍ L	NASEDNUTÍ P
RP ord.	<b>1</b>	<b>0,55</b>	<b>0,56</b>	<b>0,41</b>	<b>0,40</b>	<b>0,65</b>	<b>0,64</b>
GRANT L rel	<b>0,34</b>	0,90	0,82	0,31	0,31	0,32	0,31
GRANT P rel	<b>0,34</b>	0,77	0,90	0,34	0,35	0,30	0,28
DRAPER L rel	<b>0,17</b>	0,41	0,48	0,83	0,79	0,35	0,34
DRAPER P rel	<b>0,17</b>	0,42	0,50	0,79	0,84	0,34	0,34
NASEDNUTÍ L rel	<b>0,58</b>	0,72	0,72	0,67	0,66	0,88	0,87
NASEDNUTÍ P rel	<b>0,43</b>	0,30	0,18	0,36	0,34	0,89	0,89

Výsledky nám naznačují blízkou souvislost flexibility s lezeckými schopnostmi. Nejvíce tomu naznačuje výsledek *nasednutí* a *přizpůsobený Grantův test zvednutí nohy* s výsledky podle Pearsonovského korelačního koeficientu ( $r=0,64$ ) a ( $r=0,56$ ). Test *specifické zvednutí nohy pro lezení* vyšlo s nejmenším spojením k lezeckým schopnostem ( $r=0,40$ ). Výsledky u relativních hodnot jsou podstatně nižší.

Abych lépe znázornil těsnost vazby, proložil jsem naměřená data (pro zprůměrované hodnoty za levou a pravou končetinu) přímkou (lineární regrese) viz Obrázek 14. Velikost příslušného Pearsonova korelačního koeficientu je uvedena v záhlaví obrázku.



Obrázek 14 Vizualizace dat výsledků Pearsonova korelačního koeficientu

## 8 Diskuse

Cílem této studie bylo ověřit reliabilitu specifických testů flexibility ve sportovním lezení a determinace vztahu specifické flexibility a výkonu ve sportovním lezení. Z výsledků nám vyplývá, že spolehlivost testů se potvrdila u všech tří specifických testů a dále, že flexibilita má významnou korelaci s maximálním lezeckým výkonem. Goddard a Neumann (1993), Watts (2004) a Giles et al. (2006) uvádí, že flexibilita byla důležitou determinantou lezeckého výkonu.

Předchozí studie však měřily flexibilitu pomocí testů předklonu v sedě, dosahu nohy do strany, rozsahem pohybu v kyčelním a ramenním kloubu a schopností zvednout nohu. Mezi hlavními závěry bylo, že elitní horolezci mají vyšší schopnost dosáhnout nohou do strany a mají vyšší úroveň flexe v kyčelním kloubu, než rekreační lezci. Mermierová et al. (2000) však uvádí, že flexibilita ramene a kyčle jen slabě předurčuje výkon.

Testovací skupina obsahovala původně třicet sedm lezců, ale z důvodu velkého počtu probandů bylo komplikované získat u každého opakované měření. To se povedlo pouze u sedmnácti z nich. I tak se může kladně hodnotit velký počet probandů. Průměrná výška probandů byla 174,1cm ( $\pm 9,9$ ), průměrná hmotnost 69,9 ( $\pm 8,6$ ) kg a průměrná výkonnost 6,5 ( $\pm 1,4$ ) UIAA. Tento výsledek se značně podobá výběru probandů, které použil Draper et al. (2009), který hodnotil flexibilitu a její roly pružnosti jako determinantu výkonu u skalního lezení, jeho probandi měli průměrnou výšku 174 ( $\pm 7$ ) cm a hmotnost 67,8 ( $\pm 9$ ) kg. Z toho se dá usuzovat, že naše data se budou v některých výsledcích podobat.

Při měření *přizpůsobeného Grantova testu zvednutí nohy* dosáhla hodnota ICC 0,87, což znamená dobrou spolehlivost měření. Tento výsledek se podobá výsledku Drapera et al. (2009), který testoval 21 lezců a naměřil u nich hodnotu ICC 0,93. *Přizpůsobený Grantův test zvednutí nohy* vyžaduje především flexi a vnější rotaci v kyčelním kloubu. Test má imitovat vysoký zdvih nohy na stup, což se ve sportovním lezení opakující se jev. Potvrzuje to i výsledek korelace s nejlepším RP výkonem, který byl naměřen  $r=0,56$  (tedy vysoká těsnost flexibility a výkonu).

Test *specifické zvednutí nohy pro lezení* vyšel s uspokojivou spolehlivostí ( $r=0,86$ ), ale již neprokázal velkou korelaci s lezeckými schopnostmi ( $r=0,40$ ). I jeho relativní hodnoty pro levou a pravou nohu měly nejnižší výsledky  $r=0,17$  pro levou nohu a  $r=0,17$  pro nohu levou. Z výsledků je rovněž patrné, že hodnoty pro levou a pravou nohu jsou silně korelované, což se dalo předpokládat. Tento výsledek vyšel v rozporu s výzkumem Drapera et al. (2009), jelikož naměřil významnější korelaci s lezeckým výkonem ( $r=0,55$ ). Důvodem může být namátkový výběr probandů, kteří měli odlišnou výkonnost.

S nejvyššími výsledky vyšel test *nasednutí* a to jak ve spolehlivosti, tak v korelaci s nejlepším RP výkonem. Jeho spolehlivost byla  $r=0,91$ , což naznačuje vysokou spolehlivost. Výsledek korelace s lezeckými schopnostmi byl rovněž na vysoké úrovni  $r=0,64$  pro levou a pravou končetinu společně. Tento test poukazuje na pozitivní vliv extrémního rozsahu pohybu při nasednutí na maximální RP výkon při lezení. Byl tedy v přímé úměrnosti s lezeckými schopnostmi a provádět ho v extrémnějším rozsahu se povedlo jen dobrým lezcům. Důvodem mohla být obtížná práce s těžištěm, která v tomto testu hrála významnou roli. Ke správnému *nasednutí* mohlo dojít pouze po správném uplatnění pravolevé rovnováhy.

Při navrhování další studie v zaměření na specifickou flexibilitu u sportovních lezců by bylo vhodné testovat zvlášť muže a ženy. Ženy mají zpravidla větší pohybový rozsah v kyčelním kloubu než muži. A proto slučování ženské a mužské pohyblivosti může být zavádějící.

V dalším výzkumu by bylo vhodné použít větší množství vzorků. Výsledky mohou být přínosem k dalšímu výzkumu determinace flexibility a výkonu. Dále také k rozšíření použitých testů flexibility za použití TZF.

## 9 Závěr

Specifické testy flexibility byly v úzkém vztahu s lezeckým výkonem RP: test *specifické zvednutí nohy pro lezení*  $r=0,40$ , test *nasednutí*  $r=0,65$  a *přizpůsobený Grantův test zvednutí nohy*  $r=0,59$ . Tyto specifické testy hodnotí úroveň flexibility v kyčelním kloubu především ve flexi, abdukci a vnější rotaci. Tyto výsledky ukazují, že lezci mají vysokou úroveň specifické flexibility, jež může být významným predátorem lezeckého.

Výsledky specifických testů prokázaly velmi dobrou úroveň reliability: *přizpůsobený Grantův test zvednutí*  $r=0,87$ , *specifické zvednutí nohy pro lezení*  $r=0,86$  a *nasednutí*  $r=0,91$ . Použité testy jsou spolehlivým nástrojem terénní diagnostiky k posouzení specifické flexibility

## 10 Literatura

1. ALTER, M., J., *Science of flexibility*, Human kinetics Champaign, 2004, ISBN 0-7360-4898-7.
2. ALTER, M., J., *Sport stretch*, Human kinetics Champaign, 1998, ISBN 0-88011-823-7.
3. BILLAT, V., PALLEJA, P., CHARLAIX, T. et al., *Energy specificity of rock climbing and aerobic capacity in competitive sport rock climbers*, Journal of Sport Medicine and Physical Fitness, 1995, No 35, s. 20-24.
4. BOLLEN, S. R. a GUNSON, C. K., *Hang injuries in competition climbers*, British Journal of Sports Medicine, 1990, No 24(1), s. 16-18.
5. BOOTH, J., MARINO, F., HILL, C. et al., *Energy cost of sport rock climbing in elite performers*, British journal of Sport Medicine, 1999, No33, s. 14-18.
6. BRADLEY, P. S. a PORTAS, M. D., *The relationship between preseason range of motion and muscle Indry in elite soccer players*, Jurnal of Strength and Conditioning Research, 2007, No 21, s. 1155-1159.
7. CRAIB, M. W., MITCHELL, V. A., FIELDS, K. B., et al., *The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners*, Medicine and Scienc in Sports and Exercise, 1996, No 28(6), s. 737-743.
8. DRAPER, N., BIRD, E., COLEMAN, I. a HODGSON, C., *Effects of active recovery on lactate concentration, heart rate and RPE in climbing*. Journal of Sports Science and Medicine, 2006, No 5, s. 97-105.
9. DRAPER, N., BRENT, S., HODGSON, CH. a BLACKWELL, G., *Flexibility assessment and the role of flexibility as a determinant of performance in rock climbing*, International Journal of Performance Analysis of Sport, 2009, No 9, s. 67-89.
10. DYLEVSKÝ, I., *Základy funkční anatomie člověka*, Praha: Manus, 2007, ISBN 978-80-86571-00-3.

11. ENDORF, C., SCHULTZ, E., MELLANDER, J., *Detekce a prevence počítačového útoku*, Praha, Grada, 2005, ISBN 80-247-1035-8.
12. FERGUSON, R., A. a BROWN, M., D., Arterial blood pressure and forearm vascular conductance response to sustained and rhythmic isometric exercise and arterial occlusion in trained rock climbers and untrained sedentary subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 1997. No 76, s. 174-180.
13. GILES, L., T., RHODES, E., C., a TAUNTON, J., E., The physiology of rock climbing. *Sports Medicine*: 2006, No 36(6), s. 529-545.
14. GLEIM, G. W., STACHENFELD, N. S., a NICHOLAS, J. A., *The influence of flexibility on the economy of walking and jogging*. *Journal of Orthopaedic Research*, 1990, No 8(6), s. 814-823.
15. GODDARD, D. a NEUMANN, U., *Performance rock climbing*. Mechanicsburg, PA Stackpole books, 1993, ISBN 0-8117-2219-8.
16. GRANT, S., HYNES, V., WHITTAKER, A. a AITCHISON, T., *Anthropometric strength endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers*, *Journal of Sports Science*, 1996, No 14, s. 301-309.
17. GRANT, S., HASLER, T., DAVIES, C. et al., *A comparison of the anthropometric strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers and non-climbers*, *Journal of Sport Science*, 2001, No 19, s. 499-505.
18. GRANT, S., SHIELDS, C., FITZPATRICK, V. et al., *Climbing-specific endurance*, *Journal of Sport Science*, 2003, No 21, s. 621-630.
19. HARDY, L. a HUTCHINSON, A., *Effects of performance anxiety on effort and performance in rock climbing*, *Journal of Sport Science*, 2007, No 20(2), s. 147-161.
20. HENDL, J., *Přehled statistických metod*, Praha: Portal, 2009, ISBN 978-80-7367-482-3.
21. HEYWARD, V., H., *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*, Champaign, IL: Human Kinetics, 2002, ISBN-10: 0-7360-8659-5.

22. HÖRST, E., J., *Training for climbing*. Guildford, CT: Falcon guides, Globe pelot press, 2003, ISBN 978-0-7627-4692-7.
23. CHRÁSKA, M., *Metody pedagogického výzkumu*, Praha: Grada, 2007, ISBN 978-80-247-1369-4.
24. KACIÁNOVÁ, R., *Personální činnosti a metody personální práce*, Praha: Grada, 2010, ISBN 978-80-247-2497-3.
25. KERLINGER, F. N., *Základy výzkumu chování*, Praha, Akademia, 1972.
26. KOUKOUBIS, T. D., COOPER, L. W. a GLISSON, R. R., *An electromyographic study of arm musculature during climbing*, Sport Traumatology, 1995, No 3, s. 121-124.
27. MAUD, P. J. a CORTEZ-COOPER, M. Y., *In Physiological Assessment of Human Fitness*, Human Kinetics Champaign, 1995, s. 221-243.
28. MĚKOTA, K., NOVOSAD, J., *Motorické schopnosti*, Olomouc, 2005, ISBN 80-244-0981-X.
29. MĚKOTA, K., CUBEREK, R., *Pohybové dovednosti, činnosti, výkony*, Olomouc, 2007, ISBN 978-80-244-1728-8.
30. MERMIER, C., M., ROBERGS, R., A., McMINN, S. et al. *Energy expenditure and physiological responses during indoor rock climbing*, Journal of Sports Medicine, 1997, No 31(3), s. 224-228.
31. MERMIER, C. M., JANOT, J. M., PARKER, D. L. a SWAN, J. G., *Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance*, British Journal of Sport Medicine, 2000, No 34, s. 359-366.
32. NELSON, R. T. a BANDY, W. D., *Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males*, Journal of Athletic Training, 2004, No 39, s. 254-258.
33. PAVLOVSKÝ, P. a kolektiv, *Soudní psychiatrie a psychologie*, Praha: Grada, 2009, ISBN 978-80-247-2618-2.



34. QUAINÉ, F., MARTIN, L., *A biomechanical study of equilibrium in sport rock climbing*, Gait and Posture, 1999, No10, s. 233-239.
35. QUAINÉ, F., VIGUOROUX, L. a MARTIN, L., Finger flexors fatigue in trained rock climbers and untrained sedentary subjects, International Journal of Sports Medicine, 2003, No 24, s. 424-427.
36. SCHOEFFEL, V., KLEE, S. a STRECKER, W., *Evaluation of physiological standard pressures of the forearm flexor muscles during sport specific ergometry in sport climbers*, British Journal of Sport Medicine, 2004, No 38, s. 422-425.
37. VOMÁČKO, L., BOŠTÍKOVÁ, S., *Lezení na umělých stěnách*, Praha: Grada, 2008, ISBN 978-80-247-2174-3.
38. WARD, M., *Mountain medicine*, Crosby Lockwood, 1975.
39. WATTS, P. B., MARTIN, D. T. a DURTSCHI, S., *Antropometric profile of elite male and female competitive sport rock climbers*, Journal of Sports Sciences, 1993, No 11, s. 113-117.
40. WATTS, P., NEWBURY, V a SULENTIC, J., *Acute changes in handgrip strength endurance and blood lactate with sustained sport climbing*, Journal of Sports medicine and Physical Fitness, 1996, No 36, s. 255-260.
41. WATTS, P. B., JOUBERT, L. M., LISH, A. K., et al., *Anthropometry of young competitive sport rock climbers*, British Journal of Sports Medicine, 2003, No 37(5), s. 420-424.
42. WATTS, P. B., *Physiology of difficult rock climbing*. European Journal of Applied Physiology: 2004, No 91, s. 361-372.
43. WILLIAMS, E. S., TAGGART, P. a CARRUTHERS, M., *Rock Climbing: Observations on heart rate and plasma catecholamine concentrations and the influence of oxprenolol*. British Journal of Sport Medicine, 1978, No 12(3), s. 125-128.
44. WRIGHT, D. M., ROYLE, T. J. a MARSHALL, T., *Indoor rock climbing: Who gets injured*, British Journal of Sport medicine, 2001, No 35, s. 181-185.

## **11 Seznam tabulek**

Tabulka 1 Průměry a směrodatné odchylky (cm) u měření test- retest, pro specifické testy měření flexibility.....	32
Tabulka 2 Vnitrotřídní korelační koeficient údajů u tří měřítek flexibility.....	33
Tabulka 3 Vztah flexibility k výkonu .....	34

## 12 Seznam obrázků

Obrázek 1 Schematický přehled základních součástí sarkomery (Alter, 1998) .....	1
Obrázek 2 Schematické znázornění svalu se třemi typy vazivové tkáně: epimysium, perimysium a endomysium (Alter, 1998) .....	1
Obrázek 4 Možnosti opor při přelezu střeovitého převisu (Vomáčko, S., Boštíková, S., 2008).....	22
Obrázek 3 Vysoký krok využívá různých možností opor (Vomáčko, S., Boštíková, S., 2008).....	1
Obrázek 5 znázornění "skutečného rozptylu" a chybného rozptylu (Kerlinger, 1972) .....	1
Obrázek 6 Testovací zařízení flexibility .....	1
Obrázek 7 Jednotlivé fáze <i>přizpůsobeného Grantova testu zvednutí nohy</i> .....	28
Obrázek 8 Jednotlivé fáze <i>specifického zvednutí nohy pro lezení</i> .....	29
Obrázek 9 Jednotlivé fáze <i>nasednutí</i> .....	29
Obrázek 10 Posuvné lišty TZF .....	30
Obrázek 11 Vizualizace naměřených testů flexibility .....	31
Obrázek 12 Histogram RP výkonu .....	1
Obrázek 13 Srovnání prvního a druhého měření .....	33
Obrázek 14 Vizualizace dat výsledků Pearsonova korelačního koeficientu .....	1